



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 20 818 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**D 21 H 23/22**  
D 21 H 23/50

②1 Aktenzeichen: 101 20 818.9  
②2 Anmeldetag: 27. 4. 2001  
④3 Offenlegungstag: 31. 10. 2002

DE 101 20 818 A 1

⑦1 Anmelder:  
Giesecke & Devrient GmbH, 81677 München, DE

⑦2 Erfinder:  
Attenberger, Thomas, Dr., 85586 Poing, DE; Stenzel,  
Gerhard, Dr., 80686 München, DE; Soltau, Ralf,  
85665 Moosach, DE; Hutmann, Manfred, 82152  
Planegg, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE	4 97 037 C2
DE	197 54 776 A1
EP	08 81 330 A2
EP	06 59 935 A2
UK	6 96 673
UK	6 43 430

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zum Einbringen von Merkmalsstoffen in eine Papierbahn

⑤7 Ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Einbringen von Merkmalsstoffen in eine noch feuchte aber bereits ausreichend verfestigte Papierbahn sieht vor, eine Merkmalsstoffsuspension als laminaren Strahl mit geringem Strahldruck auf die Oberfläche der Papierbahn zu leiten. Durch einen besonderen Druckregelkreis wird erreicht, dass der Strahldruck unabhängig von der Anzahl parallel auf die Papierbahn geleiteter Merkmalsstoffsuspensionsstrahlen immer konstant ist. Dadurch ist es möglich, unterschiedlichste Linienkodierungen unter denselben Prozessbedingungen in Papier einzubringen, ohne dass dabei im Papier sichtbare Veränderungen der Faserstruktur auftreten.

DE 101 20 818 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Einbringen von Merkmalsstoffen in eine Papierbahn sowie eine Papiermaschine mit einer solchen Vorrichtung.

[0002] Es ist bekannt, Merkmalsstoffe als Sicherheitsmerkmale in papierene Wertdokumente, insbesondere Banknoten, einzubringen, beispielsweise lumineszierende Partikel, die bei einer geeigneten Anregungsstrahlung, wie UV-Licht, in einer charakteristischen Farbe fluoreszieren. Allgemein werden hier unter Merkmalsstoffen Substanzen mit bestimmten physikalischen Eigenschaften verstanden, deren Vorhandensein und/oder Anordnung aufgrund dieser Eigenschaften messtechnisch, beispielsweise mittels geeigneter Sensoren überprüfbar ist. Solche Merkmale werden zumeist als Zeichen, Muster oder Linien an definierten Positionen des Papiers platziert.

[0003] Bekannt ist beispielsweise aus der DE-A-197 54 776, farbige Muster mit scharfen Konturen linienförmig auf fertiges Papier aufzusprühen, um auf diese Weise graphische, mit bloßem Auge erkennbare Sicherheitsmerkmale zu erzeugen. Diese Sicherheitsmerkmale sind auf der Oberfläche des Papiers niedergeschlagen und daher nicht nur sichtbar sondern auch fühlbar. Insbesondere bei Verwendung lumineszierender Substanzen, deren Farbeffekte nur unter bestimmten Anregungsbedingungen erkennbar werden, ist es jedoch gewünscht, dass deren Einbringungsort dem unbefangenen Betrachter und insbesondere etwaigen Fälschern nicht auffällt.

[0004] Die UK-A-696 673 schlägt beispielsweise vor, Farbpigmente in einer sich mit Wasser nicht vermischenden Suspensionsflüssigkeit bereits während der Blattbildung mittels Spritzen ins Zentrum des Blattes zu injizieren, um Punktlinien oder kontinuierliche Linien, beispielsweise aus in UV-Licht fluoreszierendem Material zu erzeugen. Da sich aber die fluoreszierende Suspension in dem noch nicht fertig geschöpften Papiermaterial jedenfalls teilweise und nicht kontrollierbar ausbreitet, sind die Konturen solcher Linien unscharf und die Pigmentkonzentration ist über die Linienbreite ungleichmäßig.

[0005] Die DE-PS-497 037 schlägt demgegenüber vor, eine Suspension mit fluoreszierenden Substanzen auf die fertig geschöpfte, noch feuchte Papierbahn so aufzutragen, beispielsweise aufzuspritzen, dass die Papierstruktur selbst keine nennenswerte Änderung erfährt. Aber auch das Aufspritzen führt zu Mustern, deren Konturenschärfe schwierig zu kontrollieren ist und deren Merkmalskonzentration über die Fläche des Musters nicht konstant ist.

[0006] Diese Nachteile werden durch das in UK-PS 643 430 beschriebene Verfahren zwar teilweise überwunden, bei dem ein Endlosmetallband mit schablonenartigen Aussparungen mit der entstehenden Papierbahn mitbewegt wird und die farbigen Merkmalsstoffe diffus so aufgespritzt werden, dass sie im Bereich der schablonenartigen Aussparungen in die Papierbahn eindringen. Aber auch dadurch wird noch keine ausreichend homogene Verteilung der Merkmalsstoffe erreicht, wie die EP-A-0 659 935 kritisiert.

[0007] In der EP-A-0 659 935 wird stattdessen vorgeschlagen, die Merkmalsstoffe nicht in einer Suspension sondern in einem Gas zu dispergieren, so dass Agglomerate von Merkmalspartikeln leicht zerfallen und in definierter, homogener Konzentration im Gas vorliegen, um dann mittels einer Düse auf die noch nasse Papierbahn aufgespritzt zu werden. Damit sei selbst bei geringen Merkmalskonzentrationen noch eine homogene Verteilung in Papier bei gleichzeitig relativ scharfen Konturen erzielbar.

[0008] Nachteilhaft an dieser aerosolen Aufbringung der Partikel ist, dass nur wenige Merkmalsstoffe für die Aufbringung in Aerosolform geeignet sind, da die Leitungen und Düsen leicht verstopfen. Dies gilt insbesondere für feinkörnige Merkmalsstoffe, die zur Agglomeration neigen. Außerdem ergaben Versuchsergebnisse verhältnismäßig hohe Konzentrationsschwankungen, so dass eine hohe Merkmalskonzentration notwendig ist, um zuverlässig messbare Merkmale zu erhalten.

[0009] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren und eine Vorrichtung sowie eine entsprechende Papiermaschine vorzuschlagen, mit der es möglich ist, Merkmalsstoffe in Mustern bzw. Spuren mit scharfen Konturen und über die Musterfläche möglichst gleichmäßig, auch niedrigen Konzentrationen in Papier einzubringen, ohne dass für das Auge sichtbare Veränderungen der Faserstruktur des Papiers entstehen.

[0010] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren und eine Vorrichtung sowie eine Papiermaschine mit den in den nebengeordneten Patentansprüchen angegebenen Merkmalen. In davon abhängigen Ansprüchen sind bevorzugte Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung angegeben.

[0011] Ähnlich wie in der DE-PS 497 037 werden gemäß der vorliegenden Erfindung die Merkmalsstoffe während des Papierherstellungsprozesses zu einem Zeitpunkt in die Papierbahn eingebracht, zu dem der Großteil der Flüssigkeit der ursprünglichen Papiermasse bereits entzogen ist, die Papierbahn also noch feucht, aber bereits verfestigt ist, indem eine Merkmalsstoffsuspension so auf die noch feuchte Papierbahn aufgetragen wird, dass die Papierbahn dabei keine Faserstrukturänderung erfährt. Um dies zu erreichen, wird die Merkmalsstoffsuspension als laminarer Strahl mit geringem Strahldruck auf die Oberfläche der Papierbahn geleitet. Die Merkmalsstoffsuspension fließt mit geringem Druck auf die Papierbahn.

[0012] Aufgrund des geringen Strahldrucks, worunter der Druck an der Eintrittsseite einer Düse verstanden wird, wird verhindert, dass sich die Faserstruktur des Papiervlieses beim Auftragen der Merkmalsstoffsuspension verändert. Dementsprechend ist der Ort, an dem die Merkmalsstoffsuspension aufgetragen wird, an dem fertigen Papier für das bloße Auge nicht sichtbar, auch nicht im Durchlicht. Daher kann das Verfahren auch zum Einbringen von Merkmalsstoffen im Wasserzeichenbereich eingesetzt werden.

[0013] Ein Strahldruck an der Düsen Eintrittsseite im Bereich von etwa 30 bis 200 mbar, vorzugsweise 50 bis 100 mbar, hat sich als besonders geeignet erwiesen. Ein darunter liegender Düsen Eintrittsdruck führt zu ungleichmäßiger und instabiler Strahlausbildung sowie zu Ablagerungen des Merkmals in den Zuleitungen, während ein höherer Düsen Eintrittsdruck ab circa 250 mbar aufwärts zu Strukturveränderungen im Faservlies der Papierbahn führt. Die Austrittsdüsen selbst können sehr einfach gestaltet sein, beispielsweise als Metall- oder Keramikröhrchen. Besonders geeignet sind aber auch sogenannte Vollstrahldüsen oder Flachstrahldüsen, aus denen die Merkmalsstoffsuspension als voller Strahl mit rundem oder flachem Querschnitt austritt.

[0014] Die Breitenausdehnung der Merkmalsspur ist empirisch ermittelbar und bei konstant zugeführter Suspensionsmenge nahezu konstant. Die dadurch erzeugten Muster besitzen daher scharfe Konturen. Da der auf die Papierbahn geleitete Suspensionsstrahl die nasse und noch weiche Papierlage gleichmäßig durchdringt, ist die aufgetragene Suspensionsmenge über der Fläche in etwa konstant. Dadurch bedingt ist die Merkmalskonzentration über die Breite des erzeugten Musters nahezu homogen, und zwar unabhängig

davon, wie hoch die Merkmalskonzentration in der Suspension ist. Dadurch ist es möglich, Muster selbst mit geringsten, homogen über die Musterfläche verteilten Merkmalskonzentrationen zu erzeugen. Die Merkmalskonzentration der erzeugten Muster kann so gering sein, dass die Merkmale mit dem bloßen Auge nicht mehr sichtbar, sondern nur noch maschinell mittels geeigneter Sensoren nachweisbar sind.

[0015] Da das Einbringen der Merkmalsstoffe auf Flüssigkeitsbasis erfolgt, kann nahezu jede Art von Merkmalsstoffen verwendet werden, die in einem geeigneten Suspensionsmedium dispergierbar oder löslich sind. Selbst Pigmente hoher Dichte können auf diese Weise gleichmäßig in die Papierbahn eingebracht werden. Die Einbringung der Merkmalsstoffe mittels Vollstrahlen hat gegenüber Sprühverfahren den weiteren Vorteil, dass kein Sprühnebel auftritt. Dadurch verschmutzt die verwendete Apparatur nicht so leicht und es treten geringere Probleme mit der Ablagerung von Partikeln an den Düsen auf.

[0016] Vorzugsweise werden die Merkmalsstoffe in Wasser dispergiert, da Wasser jederzeit verfügbar, preiswert, ungefährlich und chemisch neutral ist. Dies schließt die Verwendung anderer Flüssigkeiten, wie zum Beispiel Alkohol, nicht aus. Besonders geeignet als Merkmalsstoffe sind lumineszierende Pigmente, die nur unter besonderen Anregungsbedingungen wie beispielsweise unter UV-Licht erkennbar sind, so dass die in das Papier eingebrachten Merkmalsmuster bei Tageslicht nicht ohne weiteres sichtbar sind. Aber auch magnetische oder in bestimmten Wellenlängenbereichen absorbierende Merkmalsstoffe sind mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bzw. der Vorrichtung verarbeitbar.

[0017] Vorzugsweise wird der laminare Merkmalsstoffsuspensionsstrahl unmittelbar nach der Blattbildung und Abnahme der noch weichen Papierbahn vom Papierbildungssieb auf die Papierbahn geleitet, da die Papierbahn an dieser Stelle ausreichend verfestigt, aber noch so feucht ist, dass die Suspension mit den Merkmalsstoffen in die Papierbahn eindringen kann, ohne Spuren zu hinterlassen. Eine besondere Ausführungsform sieht vor, dass an einer in Papierbahntransportrichtung nachgeordneten Stelle der Papiermaschine eine Saugvorrichtung in Form eines separaten Saugkastens vorgesehen ist, um das Suspensionsmedium durch die Papierbahn hindurch abzusaugen. Dadurch wird erreicht, dass die Merkmalsstoffe nicht nur in oberflächennahen Bereichen des Papiers, sondern über die gesamte Papierdicke verteilt vorliegen.

[0018] Ein wesentlicher Aspekt bei der Erzeugung der Merkmalsmuster im Papier ist darin zu sehen, dass die auf die Papierbahn aufgebrachte Merkmalsstoffsuspension zu jedem Zeitpunkt ein exakt definiertes Merkmalsstoffkonzentrationsniveau besitzt, so dass eine Prüfung des Papiers immer zu demselben Ergebnis führt, unabhängig davon, an welcher Stelle des Papiers das erzeugte Merkmalsmuster geprüft wird. Zu diesem Zweck sieht eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung vor, dass die Merkmalsstoffsuspension in einem Volumen ständig umgewälzt und dadurch durchmischt wird, vorzugsweise in einem geschlossenen Kreislauf kontinuierlich gefördert wird. Diese Vorgehensweise ist besonders vorteilhaft, da insbesondere bei einer kontinuierlichen Umwälzung und Durchmischung der Merkmalsstoffsuspension auf jegliche chemischen Zusätze zur Stabilisierung der Suspension verzichtet werden kann und solche Zusätze meist unerwünschte Einflüsse auf die Papierbahnbildung haben.

[0019] Das Volumen sollte eine bestimmte Größe aufweisen, denn es dient als Puffervolumen, das Schwankungen der Konzentration des Merkmalsstoffs im Volumen kompensiert, die durch die Zufuhr von weiterem Merkmalsstoff-

konzentrat und Suspensionsmedium in das Volumen hervorgerufen werden. Dieses Volumen darf andererseits aber auch nicht zu groß sein, da sonst durchzuführende Änderungen des Sollwerts der Merkmalsstoffkonzentration zu lange dauern. Es hat sich bewährt, die Größe des Volumens so zu wählen, dass ein Austausch bzw. der Durchsatz des Volumens über die Düsen etwa 15 min. dauert.

[0020] Ein weiterer wichtiger Aspekt, der insbesondere bei der Herstellung von Papierbahnen mit Mehrfachnutzen zu beachten ist, bei der regelmäßig mehrere identische Merkmalsmuster gleichzeitig eingebracht werden, ist darin zu sehen, dass der Druck, mit dem die Merkmalsstoffsuspension an unterschiedlichen Stellen auf die Papierbahn geleitet wird, jeweils identisch ist. Zu diesem Zweck ist vorgesehen, dass von dem geschlossenen, kontinuierlich geförderten Merkmalsstoffsuspensionskreislauf eine Vielzahl von bis zu mehreren Hundert Verbindungsleitungen zu Düsen abzweigen, aus denen die Merkmalsstoffsuspension in laminaren Strahlen auf das Papierblatt geleitet wird. Dabei tritt in dem geschlossenen Kreislauf zwangsläufig ein Druckverlust auf, der ebenso wie der Druckverlust durch den Strömungswiderstand des Kreislaufes dazu führt, dass je nach dem Ort, an dem die zur Düse führende Verbindungsleitung von dem Kreislauf abzweigt, ein individueller Suspensionsdruck bzw. Verbindungsleitungseintrittsdruck vorliegt, der bis zur Düse gerade soweit verringert werden muss, dass an allen Düsen, mit denen gleichartige Merkmale erzeugt werden sollen, der gleiche Düsenaustrittsdruck vorliegt. Dies kann beispielsweise durch eine spezielle Regulierung in jeder Verbindungsleitung realisiert werden. Einfacher und daher bevorzugt wird allerdings eine Lösung, wonach die Länge und/oder der Durchmesser der Verbindungsleitungen derart gewählt sind, dass der Druckverlust in den Verbindungsleitungen gerade so hoch ist, dass der Düsenaustrittsdruck jeweils identisch ist.

[0021] Der Verbindungsleitungseintrittsdruck hängt einerseits davon ab, wie hoch der maximale Suspensionsdruck in dem geschlossenen Kreislauf ist, und andererseits davon, wie hoch der Druckverlust in dem Kreislauf bis zur Abzweigung der fraglichen Verbindungsleitung ist. Dieser Druckverlust hängt aber wiederum unmittelbar davon ab, mit welcher Geschwindigkeit die Merkmalsstoffsuspension in dem Kreislauf gefördert wird. Vorzugsweise wird die Förder- bzw. Umwälzpumpe mit hoher und konstanter Leistung betrieben, um eine möglichst hohe Umwälzgeschwindigkeit und dadurch eine turbulente Strömung zu erzeugen, die eine Sedimentation der Merkmalspartikel verhindert und gleichzeitig eine gleichmäßige Durchmischung der Suspension erzielt. Durch die konstant gehaltene Umwälzpumpenleistung wird während des Betriebs für gleich bleibende Verhältnisse in den Leitungen und Düsen gesorgt. Die Funktionsfähigkeit und Wirkung der Pumpe wird durch Messung einer Druckdifferenz überwacht. Dazu kann der Druck im Kreislauf einerseits vor und andererseits hinter den Verbindungsleitungsabzweigungen gemessen werden und anhand des gemessenen Differenzdrucks auf die Förderleistung der Umwälzpumpe geschlossen werden. Sowohl Verschleiß der Umwälzpumpe durch abrasive Eigenschaften der Suspensionspartikel als auch eine beispielsweise durch Ablagerungen in den Leitungen oder Filtern des Kreislaufs hervorgerufene Querschnittsverringering oder Verstopfung führen zu einer Abnahme der im Kreislauf gemessenen Druckdifferenz. Die Überwachung der Druckdifferenz ermöglicht daher rechtzeitig eingeleitete Gegenmaßnahmen.

[0022] Vorzugsweise ist eine Regulierung vorgesehen, um den maximalen bzw. absoluten Suspensionsdruck im Kreislauf konstant zu halten. Dazu wird der absolute Druck in dem Volumen an geeigneter Stelle gemessen und

über eine Zufuhrpumpe die dem Volumen zugeführte Menge des Suspensionsmediums gesteuert. Obwohl dem Volumen über die Düsen kontinuierlich Merkmals suspension entnommen wird, bleiben die wesentlichen Parameter im Volumen und damit auch an den Düsen konstant.

[0023] Alternativ kann anstatt des Druckes im Entnahmevervolumen auch die geförderte bzw. umgewälzte Menge überwacht und konstant gehalten werden. Auch in diesem Fall werden dem Volumen entzogene Suspensionsanteile kompensiert und für konstante Verhältnisse gesorgt. Die Druckregelung hat jedoch den Vorteil, dass sie unabhängig von der Anzahl geöffneter Düsen dafür sorgt, dass bei gleichen Düsen aus jeder Düse die gleiche Suspensionsmenge austritt. Dies ist insbesondere von Vorteil, wenn bei laufender Papierbahnproduktion eine schnelle Änderung der mit den Suspensionsstrahlen im Papier erzeugten Codierung erfolgen soll.

[0024] Für die Funktionsfähigkeit der Vorrichtung, mit der die Merkmalsstoffsuspension auf die Papierbahn aufgetragen wird, ist es wichtig, dass es zu keinen Ablagerungen, insbesondere von Merkmalsstoffen in einzelnen Bestandteilen der Vorrichtung kommt, da sich dies negativ auf die Druckverhältnisse in der Vorrichtung und damit auf die Gleichmäßigkeit der erzeugten Merkmalsmuster auswirken kann. Daher ist vorgesehen, dass die Merkmalsstoffsuspension in der gewünschten Konzentration im Wesentlichen erst in dem Volumen erzeugt wird, von welchem die Verbindungsleitungen zu den Strahlaustrittsdüsen abzweigen, im Fall der konkreten bevorzugten Ausführungsform also erst in dem geschlossenen Kreislaufsystem. Dem Kreislauf werden deshalb ein Merkmalsstoffkonzentrat und das Suspensionsmedium getrennt zugeführt, vorzugsweise örtlich vor der Pumpe, mit der die Merkmalsstoffsuspension in dem geschlossenen Kreislauf umgewälzt wird, so dass diese Umwälzpumpe die Funktion des Vermischens des Merkmalsstoffkonzentrats mit dem Suspensionsmedium übernimmt.

[0025] Des Weiteren ist eine Entgasungseinrichtung zum Entgasen des Suspensionsmediums vorgesehen, bevor das Suspensionsmedium dem Volumen zugeführt wird. Dadurch wird unter anderem erreicht, dass die Suspension, insbesondere bei Druckabfall nicht ausgast und Blasen bildet. Im entgasten Medium können sich auch bereits vorhandene Luftblasen in der Merkmalsstoffsuspension wieder auflösen. Würden solche Luftblasen mit der Merkmalsstoffsuspension aus den Düsen ausgetragen, so hätte dies einen negativen Einfluss auf die Kontur und Konzentrationsverteilung des Merkmalsstoffs an dieser Stelle im fertigen Papier. Aus ähnlichen Gründen sind die Verbindungsleitungen vorzugsweise von oben an das Volumen angeschlossen und ragen in das Volumen hinein, so dass etwaige in dem Volumen enthaltene Luftblasen nicht in die Verbindungsleitungen gelangen können und darüber hinaus auch keine in dem Volumen sedimentierten Merkmalsstoffe in die Verbindungsleitungen gelangen und diese blockieren können. Denn insbesondere bei Merkmalsstoffen mit besonders hoher Dichte besteht die Gefahr, dass sich einige größere Partikel am Grund des Volumens ablagern.

[0026] In bevorzugten Ausführungen sind zwischen den Entnahmestellen der Suspension vom Puffervolumen und den Düsen Absperrvorrichtungen vorgesehen, die ein individuelles Ein- und Ausschalten jeder einzelnen Düse ermöglichen. Die Absperrvorrichtungen können beispielsweise Absperrhähne oder Ventile sein, die manuell oder automatisch gesteuert und manuell, elektrisch oder pneumatisch betätigt werden. Damit kann in einer Papierbahn ein individuelles oder sich regelmäßig wiederholendes Merkmalsmuster erzeugt werden, das auch aus unterbrochenen Spuren besteht und wodurch auch codierte Informationen wiedergege-

ben werden können. Insbesondere bei automatisch gesteuerten Schaltvorrichtungen können Merkmalsmuster erzeugt werden, deren Auf- bzw. Einbringung in die Papierbahn mit darauf befindlichen Marken synchronisiert wird. In einer bevorzugten Ausführungsform werden diese Marken durch im Papier vorhandene Wasserzeichen gebildet.

[0027] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand einer Schemazeichnung erläutert, die eine erfindungsgemäße Vorrichtung in einer Papiermaschine zeigt.

[0028] Von der Papiermaschine ist lediglich ein winziger Ausschnitt dargestellt, nämlich das Ende des Papierbildungssiebs 1. Eine Papierbahn 2, die strichliniert dargestellt ist, verlässt das Papierbildungssieb 1 in Pfeilrichtung. In diesem Zustand ist die Papierbahn 2 bereits weit gehend verfestigt, aber noch feucht. Die das Papierbildungssieb 1 verlassende Papierbahn 2 wird weitertransportiert und unter einer Düsentraverse 10 hindurchgeführt. Durch die Düsen 11 hindurch wird eine Merkmalsstoffsuspension von oben auf die feuchte Papierbahn geleitet, um linienförmige Merkmalsmuster parallel zur Papierbahnaußenkante in der Papierbahn zu erzeugen. Mehrere hundert Düsen 11 sind nebeneinander vorgesehen, die einzeln über zugeordnete Absperrhähne 12 aktivierbar und deaktivierbar sind. Den Düsen 11 in Papierbahntransportrichtung nachgeordnet ist eine Absaugeinrichtung 3, die unter der Papierbahn 2 vorgesehen ist, um die mittels den Düsen 11 auf die Papierbahn 2 aufgebraachte Merkmalsstoffsuspension durch die Papierbahn 2 hindurch abzusaugen, so dass lediglich die Merkmalsstoffe im Papier zurückbleiben. Wie der Figur zu entnehmen ist, kann diese Absaugeinrichtung bereits in Papierbahntransportrichtung vor den Düsen 11 beginnen. Die Papierbahn 2 wird dann wahlweise nachfolgenden, nicht dargestellten Bearbeitungsstationen zum Trocken, Beschichten, Bedrucken und dergleichen zugeführt.

[0029] Die Vorrichtung zum Einbringen der Merkmalsstoffe in die Papierbahn setzt sich im Wesentlichen aus vier Teilsystemen zusammen. Kernbestandteil der Vorrichtung ist der als Rohrleitungssystem ausgebildete geschlossene Kreislauf 13 der Düsentraverse 10, welcher als Umwälzpumpe eine Kreispumpe 14 zur kontinuierlichen Förderung der Merkmalsstoffsuspension in dem Rohrleitungssystem besitzt. Das zweite Teilsystem wird durch die Wasseraufbereitung und -zuführung 20 und das dritte Teilsystem durch die Merkmalsstoffkonzentrataufbereitung und -zuführung 30 gebildet. Das vierte Teilsystem bilden die Düsen 11 und ihre Verbindungsleitungen 15 zum geschlossenen Kreislauf 13 der Düsentraverse 10. Die einzelnen Teilsysteme werden nachfolgend detailliert beschrieben.

[0030] In einem Vorratsbehälter werden die Merkmalsstoffe als Merkmalsstoffkonzentrat zur Verfügung gehalten. Durch eine Deckelöffnung 32 werden dem Behälter 31 Merkmalsstoffe in pulverisierter Form zugeführt. Die Zuführung von Wasser erfolgt über eine absperzbare Zuleitung 33. Wasser und Merkmalsstoffe werden mittels einem Rührwerk 34 gemischt, und die Merkmalsstoffkonzentration liegt vorzugsweise im Bereich von 10 bis 30 Gew.-%, insbesondere bei 0,4 kg Merkmalsstoff auf 11 Wasser. Der genaue Konzentrationswert im Vorratsbehälter ist relativ unkritisch, da die endgültige Konzentration der von den Düsen 11 auf die Papierbahn 2 geleiteten Merkmalsstoffsuspension erst im geschlossenen Kreislauf 13 durch Zumischen von Wasser eingestellt wird. Je höher die Konzentration im Vorratsbehälter ist, desto größer ist der Merkmalsvorrat und damit die Zeitspanne bis zum Nachfüllen des Vorratsbehälters. Der Füllstand des Vorratsbehälters wird mit einem Füllstandsmesser 35 überwacht. Die Konzentration im Vorratsbehälter darf allerdings eine vorgegebene Viskositätsgrenze des Merkmalskonzentrats nicht überschreiten, da ansonsten

die Förderung des Merkmalskonzentrats mittels der vorzugsweise als Membranpumpe ausgebildeten Dosierpumpe 36 beeinträchtigt wird. Bei den zuvor angegebenen Konzentrationswerten ist die Merkmalsstoffsuspension für die meisten Merkmalsstoffe noch sehr dünnflüssig, nahezu wasserartig. Über die Zuführleitung 38 pumpt die Dosierpumpe 36 das Merkmalsstoffkonzentrat letztendlich aus dem Vorratsbehälter 31 in den geschlossenen Kreislauf 13 der Düsentraverse 10.

[0031] Dem geschlossenen Kreislauf 13 wird darüber hinaus aufbereitetes Wasser über eine Zuführleitung 28 zugeführt. Das Wasser wird zuvor in einem beispielsweise 20 l fassenden Vakuumbehälter 21 bei einem Unterdruck von circa 0,3 bar gegenüber dem Umgebungsdruck entgast, so dass sich etwaige Luftblasen, die beispielsweise mit dem Merkmalsstoffkonzentrat in den geschlossenen Kreislauf 13 gelangen, in der Merkmalsstoffsuspension des geschlossenen Kreislaufs 13 auflösen können. Der Vakuumbehälter ist mit einer Vakuumpumpe 27 und einem Füllstandsmesser 25 ausgestattet, der dafür sorgt, dass der Füllstand aus Sicherheitsgründen auf etwa 90% der Kapazität gehalten wird. Eine beispielsweise als Zahnradpumpe 26 ausgeführte Zuführpumpe fördert das aufbereitete Wasser aus dem Vakuumbehälter 21 über die Zuführleitung 28 dem geschlossenen Kreislauf 13 zu. Die maximale Fördermenge der Zahnradpumpe 26 liegt beispielsweise bei etwa 550 l pro Stunde, was ausreichend ist, um etwa 300 Düsen gleichzeitig mit einem Durchsatz von ca. 1,7 l pro Stunde je Düse zu versorgen. Vorzugsweise ist in der Wasseraufbereitung und -zuführung 20 zusätzlich eine Wasserenthärtungseinrichtung integriert, die in der Figur jedoch nicht dargestellt ist.

[0032] Der geschlossene Kreislauf 13 wird im Wesentlichen gebildet durch ein geschlossenes Rohrleitungssystem mit integrierter Kreislumpumpe 14 zum Umwälzen der im geschlossenen Kreislauf 13 geförderten Merkmalsstoffsuspension. Dem geschlossenen Kreislauf 13 wird das Merkmalsstoffkonzentrat sowie das aufbereitete Wasser über die Zuführleitungen 38, 28 kurz vor der Kreislumpumpe 14 zugeführt. Die Kreislumpumpe 14 übernimmt somit die Funktion der Durchmischung des zugeführten Merkmalsstoffkonzentrats mit dem zugeführten, aufbereiteten Wasser. Dadurch wird gewährleistet, dass die Konzentrationsverteilung der Merkmalsstoffe in der Merkmalsstoffsuspension weitestgehend homogen ist, bevor Merkmalsstoffsuspensionsanteile über die Verbindungsleitungen 15 zu den Düsen 11 aus dem Kreislauf 13 abgezweigt werden. Ein Sieb 16 mit 100 µm Siebeinsatz aus Edelstahl ist kurz hinter der Kreislumpumpe vorgesehen und hält Partikel zurück, die zu einer Verstopfung der Düsen 11 führen könnten. Beispielsweise am Siebeinsatz ist ein Absperrhahn 17 zum Entlüften der Vorrichtung nach ihrem Einschalten vorgesehen.

[0033] Der geschlossene Kreislauf 13 besitzt zwei Regelkreise, nämlich einen Druckregelkreis und einen Dichteregelkreis.

[0034] Der Druckregelkreis umfasst zwei Drucksensoren  $P_1$  und  $P_2$  an unterschiedlichen Stellen im geschlossenen Kreislauf 13, nämlich vorzugsweise einerseits an einer Stelle vor den Abzweigungen der Verbindungsleitungen 15 zu den Düsen 11 und andererseits an einer in Kreislaufströmungsrichtung nachgeordneten Stelle. Der Druck  $p_1$  kann je nach Leitungslängen und -querschnitten beispielsweise zwischen 500 und 800 mbar betragen. Abweichungen von diesem Sollwert werden gemessen und dazu verwendet, die Zahnradpumpe 26 zur Förderung des aufbereiteten Wassers so zu regeln, dass der Sollwert  $p_1$  aufrechterhalten wird. Der Druckwert  $p_2$  wird vorzugsweise hinter der Abzweigung der letzten Verbindungsleitung 15 zur letzten Düse 11 gemessen, um den Druckabfall zu ermitteln, der sich aufgrund der

abgezweigten Merkmalsstoffsuspensionsanteile und dem Strömungswiderstand der Leitungen in dem geschlossenen Kreislauf 13 einstellt. Dieser Druckabfall soll immer konstant sein, um sicherzustellen, dass an allen Düsen 11, unabhängig von der Anzahl der aktivierten Düsen, zu jedem Zeitpunkt in etwa dieselben Druckverhältnisse vorherrschen. Da die Druckdifferenz  $p_2 - p_1$  direkt abhängig ist von der Strömungsgeschwindigkeit der Merkmalsstoffsuspension in dem geschlossenen Kreislauf 13, wird der Differenzdruckmesswert  $p_2 - p_1$  dazu verwendet, die Fördermenge der Kreislumpumpe 14 zu überwachen.

[0035] Der Dichteregelkreis umfasst einen Dichtesensor  $p$ . Der Zulauf des Dichtesensors  $p$  ist unmittelbar hinter dem Sieb 16 direkt an den geschlossenen Kreislauf 13 angeschlossen. Der Ablauf des Dichtesensors  $p$  befindet sich auf der gegenüberliegenden Seite kurz vor dem Eingang der Kreislumpumpe 14. Der Druckabfall zwischen Zu- und Ablauf sorgt für eine ausreichende Durchströmung des Dichtesensors  $p$ , die verhindert, dass sich Ablagerungen im Dichtesensor  $p$  ausbilden. Mittels des Dichtesensors  $p$  wird die aktuelle Dichte der Merkmalsstoffsuspension in dem geschlossenen Kreislauf 13 ermittelt. Sie ist ein Maß für die Konzentration an Merkmalsstoffen in der Merkmalsstoffsuspension des geschlossenen Kreislaufs 13. Entsprechend der vom Dichtesensor  $p$  gelieferten Information über die aktuelle Dichte der Merkmalsstoffsuspension wird die Dosierpumpe 36 am Vorratsbehälter 31 geregelt, um einen vorgegebenen Sollwert der Suspensionsdichte einzustellen, der einer Konzentration eines Merkmalsstoffs entspricht. Eine typische Dichteeinstellung für die Dosierung von Merkmalsstoffen in der Merkmalsstoffsuspension liegt bei etwa 0,1 bis 0,5 Gew.-%.

[0036] Durch die vorgenannten Maßnahmen wird sichergestellt, dass an jeder Abzweigung einer Verbindungsleitung 15 nicht nur dieselbe Merkmalsstoffkonzentration in der Merkmalsstoffsuspension vorliegt sondern auch ein zeitlich konstanter, wenn auch von Verbindungsleitung zu Verbindungsleitung unterschiedlicher Verbindungsleitungseingangsdruck. Unter diesen Voraussetzungen lässt sich durch einfache konstruktive Gestaltung der Verbindungsleitungen für alle Leitungen derselbe Verbindungsleitungsausstrittsdruck einstellen, indem durch geeignete Wahl des Durchmessers und/oder vorzugsweise der Länge der Verbindungsleitungen 15 ein definierter Druckverlust in jeder Verbindungsleitung 15 erzeugt wird, so dass am Ende der Verbindungsleitungen, das heißt an den Düsen 11, jeweils derselbe Druck vorliegt. Um beispielsweise bei einem Druck  $p_1$  im Bereich von 500 bis 800 mbar und einem entsprechend geringeren Wert für  $p_2$  im geschlossenen Kreislauf 13 für alle Düsen 11 denselben Düsenaustrittsdruck zu erzielen, haben sich Verbindungsleitungen 15 mit einer Länge von typischerweise einigen Dezimetern als geeignet erwiesen, wobei die Verbindungsleitungen beispielsweise aus Schläuchen mit einem Innendurchmesser von ca. 1 mm bestehen.

[0037] Jede Verbindungsleitung 15 besitzt einen individuellen Absperrhahn 12. Die Absperrung einzelner Absperrhähne 12 hat allerdings auf den Durchsatz und Düsenaustrittsdruck keine Auswirkungen, da der Verbindungsleitungseintrittsdruck mittels der zuvor beschriebenen Druckregelung unabhängig von der Anzahl aktiver Düsen in etwa konstant gehalten wird.

[0038] Die Absperrhähne 12 können auch durch Absperrventile ersetzt werden. Insbesondere bei häufigem oder schnellem Wechsel der erzeugten Codierungsmuster ist eine (in der Figur nicht dargestellte) elektrische oder pneumatische Ansteuerung der Absperrvorrichtungen vorteilhaft. Insgesamt können mehrere Hundert Düsen in einem Abstand von ca. 3 bis 15 mm auch versetzt nebeneinander an-



geordnet werden.

[0039] Es sei noch erwähnt, dass die Verbindungsleitungen 15 von oben an den geschlossenen Kreislauf 13 angeschlossen sind, um zu verhindern, dass größere Merkmalsstoffpartikel, die sich am Grund des geschlossenen Kreislaufs 13 abgelagert haben, angesaugt werden, was zu einer Verstopfung der Bauteile, wie Absperrhähne, Düsen etc. führen könnte. Darüber hinaus ragen die Verbindungsleitungen 15 von oben etwa 10 mm in den geschlossenen Kreislauf 13 hinein, um zu verhindern, dass etwaige Luftblasen mit der Merkmalsstoffsuspension durch die Düsen 11 ausgetragen werden, was sich negativ auf die Qualität des erzeugten Streifenmusters auswirken würde.

[0040] Die vorgeschriebene Vorrichtung zum Einbringen von Merkmalsstoffen in eine Papierbahn ermöglicht unterschiedlichste Liniencodierungen durch Aktivierung und Deaktivierung einzelner Düsen 11 mittels der jeweils zugeordneten Absperrhähne 12, ohne dass dies eine Auswirkung auf die im fertigen Papier letztendlich vorliegende Merkmalsstoffkonzentration der einzelnen Linien hat. Dies ist ganz wesentlich zurückzuführen auf den besonderen Druckregelkreis, bei dem der Absolutdruck im Volumen, also z. B. der Druck  $p_1$  in dem geschlossenen Kreislauf 13 vor Abzweigung der Verbindungsleitungen 15 und der Druck  $p_2$  nach Abzweigung der Verbindungsleitungen 15 gemessen und durch Steuerung der Fördermenge der Zahnradpumpe 26 jeweils auf einem konstanten Wert gehalten werden. Die mittels diesem Druckregelkreis erzielten Vorteile werden auch dann erzielt, wenn die Merkmalsstoffsuspension nicht als laminarer Strahl mit geringem Strahldruck sondern beispielsweise mit hohem Strahldruck oder als turbulenter Strahl oder als Sprühstrahl auf die Oberfläche der Papierbahn geleitet wird.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Einbringen von Merkmalsstoffen in eine Papierbahn (2) während des Papierherstellungsprozesses zu einem Zeitpunkt, zu dem der ursprünglichen Papiermasse bereits der Großteil der Flüssigkeit entzogen ist, die Papierbahn also noch feucht, aber bereits verfestigt ist, indem eine Merkmalsstoffsuspension so auf die noch feuchte Papierbahn aufgetragen wird, dass die Papierbahn keine Faserstrukturänderung erfährt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Merkmalsstoffsuspension als laminarer Strahl mit geringem Strahldruck auf die Oberfläche der Papierbahn geleitet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Merkmalsstoffsuspension im Wesentlichen durch in Wasser dispergierte Merkmalsstoffe gebildet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Merkmalsstoffsuspension als Merkmalsstoffe lumineszierende Pigmente enthält.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Merkmalsstoffsuspension in einem Volumen (13) ständig umgewälzt und diesem Volumen ein Merkmalsstoffsuspensionsanteil abgezapft wird, welcher zum Einbringen der Merkmalsstoffe in die Papierbahn (2) verwendet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei der Merkmalsstoffsuspensionsanteil dem Volumen (13) von oben abgezapft wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, wobei die Merkmalsstoffsuspension in dem Volumen (13) gebildet wird, indem dem Volumen ein Merkmalsstoffkonzentrat und ein Suspensionsmedium getrennt zugeführt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei das Suspensionsmedium entgast wird, bevor es dem Volumen zugeführt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei zum Leiten der Merkmalsstoffsuspension auf die Oberfläche der Papierbahn in Form eines laminaren Strahls eine Vollstrahl- oder Flachstrahldüse (11) verwendet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Merkmalsstoffkonzentration in der Merkmalsstoffsuspension so gering eingestellt wird, dass das Vorhandensein der Merkmalsstoffe in der fertigen Papierbahn mit bloßem Auge nicht erkennbar ist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei der laminare Strahl unmittelbar nach der Blattbildung und Abnahme der noch weichen Papierbahn von einem Papierbildungssieb (1) auf die Papierbahn (2) geleitet wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei dem laminaren Strahl eine Saugeinrichtung (3) auf der dem laminaren Strahl gegenüberliegenden Seite der Papierbahn in Papierbahntransportrichtung nachgeordnet wird, um das Suspensionsmedium durch die Papierbahn (2) hindurch abzusaugen.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei mehrere separate Merkmalsstoffsuspensionsstrahlen mit gleichem Strahldruck zur Herstellung einer Mehrfachnutzenbahn auf die Papierbahn (2) geleitet werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei der Strahldruck im Bereich von 30 mbar bis 200 mbar liegt.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei der Strahldruck im Bereich von 50 mbar bis 100 mbar liegt.

15. Vorrichtung zum Einbringen von Merkmalsstoffen in eine Papierbahn (2) an einer Stelle einer Papiermaschine, an der ein Großteil der Flüssigkeit der ursprünglichen Papiermasse bereits entzogen ist, die Papierbahn also noch feucht, aber bereits verfestigt ist, wobei die Vorrichtung umfasst:

ein Volumen (13) zur Aufnahme einer Merkmalsstoffsuspension,

eine oder mehrere mit dem Volumen (13) in Verbindung stehende Düsen (11), und

eine Einrichtung ( $P_1$ ,  $P_2$ , 26) zum Steuern eines Druckes, mit dem ein dem Volumen (13) entzogener Merkmalsstoffsuspensionsanteil durch die Düsen (11) auf die Papierbahn (2) geleitet wird,

wobei die Drucksteuerungseinrichtung ( $P_1$ ,  $P_2$ , 26) und die Düsen (11) so ausgebildet und aufeinander abgestimmt sind, dass der Merkmalsstoffsuspensionsanteil als ein laminarer, mit geringem Druck aus den Düsen (11) austretender Strahl einstellbar ist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, wobei die Drucksteuerungseinrichtung mindestens eine Druckmesseinrichtung ( $P_1$ ,  $P_2$ ) und eine Einrichtung (26) zum Erhöhen des Druckes in dem Volumen aufweist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 15 oder 16, wobei der Strahldruck am Düsen Eintritt im Bereich von 30 mbar bis 200 mbar liegt.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, wobei der Strahldruck am Düsen Eintritt im Bereich von 50 mbar bis 100 mbar liegt.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 18 umfassend eine Einrichtung (14) zum Fördern der Merkmalsstoffsuspension in dem Volumen (13).

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, wobei das Volumen (13) einen geschlossenen Kreislauf bildet.

21. Vorrichtung nach Anspruch 19 oder 20, wobei Leitungen (15) zum Verbinden der Düsen (11) mit dem Volumen (13) in Förderrichtung der Merkmalsstoffsuspension nacheinander angeordnet sind und wobei die Einrichtung zum Steuern des Drucks einen ersten Drucksensor ( $P_1$ ) in Förderrichtung vor den Verbindungsleitungen (15) und einen zweiten Drucksensor ( $P_2$ ) in Förderrichtung hinter den Verbindungsleitungen (15) aufweist, um anhand der gemessenen Druckwerte in dem Volumen (13) einen Solldruck einzustellen und einen Solldruckverlust zu überwachen. 5 10
22. Vorrichtung nach Anspruch 21, wobei zumindest einige der Verbindungsleitungen (15) bei gleichem Durchflussvolumen einen unterschiedlichen Druckverlust bewirken, derart, dass sie trotz eines unterschiedlichen Eingangsdrucks des durch sie hindurchgeleiteten Merkmalsstoffsuspensionsanteils in etwa denselben Ausgangsdruck verursachen. 15
23. Vorrichtung nach Anspruch 22, wobei ein unterschiedlicher Druckverlust in den Verbindungsleitungen (15) durch unterschiedliche Längen und/oder Durchmesser der Verbindungsleitungen bewirkt wird. 20
24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 23, wobei Leitungen (15) zum Verbinden der Düsen (11) mit dem Volumen (13) von oben an das Volumen (13) angeschlossen sind. 25
25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 24, umfassend Zuführleitungen (38, 28) zum getrennten Zuführen einerseits eines Merkmalstoffkonzentrats und andererseits eines Suspensionsmediums in das Volumen (13). 30
26. Vorrichtung nach Anspruch 25, umfassend eine Entgasungseinrichtung (31 bis 34) zum Entgasen des Suspensionsmediums, bevor es dem Volumen (13) zugeführt wird. 35
27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 26, wobei die Düsen (11) als Vollstrahl- oder Flachstrahldüsen ausgebildet sind.
28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass in den Leitungen (15) Absperrvorrichtungen (12) vorgesehen sind. 40
29. Papiermaschine zur Herstellung einer Papierbahn (2) aus einer faserbreiartigen Papiermasse, umfassend eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 28.
30. Papiermaschine nach Anspruch 29, wobei die Düsen (11) in Papierbahntransportrichtung hinter einem Papierbildungssieb (1) auf die Papierbahn (2) gerichtet sind. 45
31. Papiermaschine nach Anspruch 29 oder 30, wobei den Düsen (11) auf der den Düsen (11) gegenüberliegenden Seite der Papierbahn (2) eine Saugvorrichtung (3) in Papierbahntransportrichtung nachgeordnet ist, um das Suspensionsmedium durch die Papierbahn (2) hindurch abzusaugen. 50

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

55

60

65

